

Energy Security & Sustainable Development

Reza Hafezi¹

Abstract

Iran owns large hydrocarbon resources and plays a significant role in the global energy market as a supplier. Since long-term planning and foresight studies, such as the comprehensive scientific map were developed, science and technology development became a key aspect in the country's development programs. After 1970's energy crisis and west world's oil shock policy makers, especially from demand-side countries, followed a new approach to set national energy strategies. Energy security emerged as a systematic respond to the global crisis which aimed to improve energy systems resilience level. The high correlation between economic aspects, like GDP, and energy consumption, especially for energy export countries, considered energy security as a long-term respond to support sustainable development. In this paper we aimed to investigate energy security as a key concept and discuss how it tied to the sustainable development. As it has been showed, energy security is a complicated concept and needed to be localized for nations in order to address local challenges. Then it is crucial for Iran to study energy security from a new angle to adopt more sustain energy policies. It is expect that in a near future, energy security will become a challenging issue for Iranian policy makers.

Key words: Energy security, Sustainable development, Geopolitics, Foresight, Science and technology policy.

1. Futures Studies Dep, National Research Institute for Science Policy (NRISP), Tehran, Iran, hafezi@nrisp.ac.ir

امنیت انرژی و توسعه پایدار

رضا حافظی^۱

چکیده

ایران یکی از کشورهای دارنده منابع هیدروکربنی و بازیگر کلیدی تأمین انرژی در جهان است. به‌عنوان یکی از اعضای قدرتمند اوپک و دومین دارنده منابع اثبات‌شده گاز طبیعی در جهان سیاست‌گذاری انرژی در ایران همواره مورد توجه دولتمردان بوده است. با گسترش نگاه بلندمدت، نشر رویکردهای علمی آینده‌نگری در کشور و تدوین نقشه جامع علمی کشور نقش هر یک از حوزه‌های علوم و فناوری در توسعه پایدار جمهوری اسلامی ایران مورد اعتناء قرار گرفت. پس از بحران ۱۹۷۰ میلادی و شوک نفتی غرب، جهان و به‌ویژه در طرف تقاضای انرژی رویکرد نوینی به سیاست‌گذاری انرژی اتخاذ نمود. مفهوم امنیت انرژی در همان سال‌ها متولد شد و به دنبال افزایش تاب‌آوری سیستم‌های انرژی در کشورها بوده است. گره خوردگی مصرف انرژی و رشد اقتصادی، که برای کشورهای دارنده منابع سوخت فسیلی میزان همبستگی آن بیشتر از متوسط جهانی برآورد می‌شود، نگاه بلندمدت در حفظ و ارتقاء امنیت انرژی را برای ضمانت پایداری توسعه را مدنظر قرار داده است. در این مقاله قصد داریم به‌اختصار مفهوم امنیت انرژی را بررسی کرده و رابطه آن با توسعه پایدار کشورها را به بحث بگذاریم. همان‌طور که نشان دادیم، امنیت انرژی مفهومی پیچیده است که نیازمند ورود متخصصین و سیاست‌گذاران برای بومی‌سازی آن در مسیر اهداف کلان هر کشور است. لذا برای جمهوری اسلامی ایران نیز ورود به این عرصه بسیار حیاتی است و پیش‌بینی می‌شود در آینده نزدیک بیشتر مورد تفقد سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران صنایع انرژی کشور قرار گیرد.

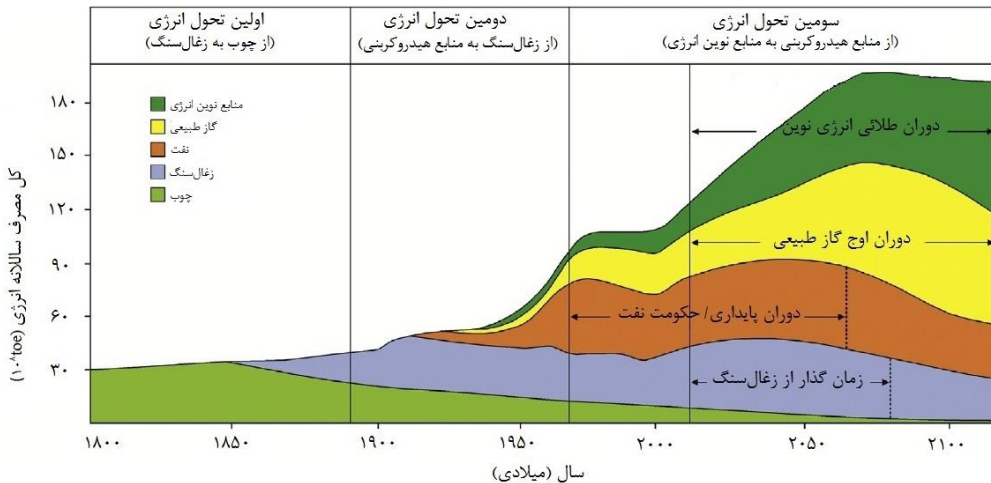
کلیدواژگان: امنیت انرژی، توسعه پایدار، ژئوپلیتیک، آینده‌نگاری، سیاست‌گذاری علم و فناوری.

۱. گروه آینده‌اندیشی، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، تهران، ایران، hafezi@nrsp.ac.ir

انرژی یک نهاده اقتصادی است که پس از انقلاب صنعتی نقش مهمی در توسعه و ارتقاء کیفیت زندگی بشر ایفا کرده است (Hafezi, Akhavan, and Pakseresht, 2017). در مسیر صنعتی شدن، منبع تولید انرژی از شکل غالب آن یعنی چوب به سمت منبعی با توان بالقوه انرژی بالاتر یعنی زغالسنگ قدم برداشت. استخراج، انتقال و بهره‌برداری از زغالسنگ نیاز به دانش بالایی نداشت و این موضوع موجب شد سیستم‌های مدیریت انرژی بر پایه زغالسنگ به سرعت توسعه یابند. با گذشت زمان، نیاز به انرژی بیشتر و کشف منابع عظیم نفتی در خاورمیانه و اتحادیه جماهیر شوروی موجبات ورود این مایع سوختنی سیاه‌رنگ به بازار جهانی رو به رشد انرژی را فراهم آورد. از سوی دیگر، با وجود اینکه میزان انتشار گاز کربن دی‌اکسید در هر دو منبع انرژی تقریباً برابر است (برای زغالسنگ حدود ۸٫۶ کیلو به ازای هر گالن و برای نفت کمتر از ۹٫۱ کیلو به ازای هر گالن می‌باشد. هر گالن تقریباً برابر ۳٫۸ لیتر است)، اما چگالی انرژی نفت تقریباً دو برابر زغالسنگ است و این موضوع به معنای جذب توان بیشتر در مقدار مشخص برای نفت در مقایسه با زغالسنگ است. بعد از دهه ۱۹۳۰ میلادی گاز طبیعی نیز به سبب اساسی انرژی جهان اضافه شد، اما تا سال‌ها نتوانست موفقیت قابل توجهی در این بازار به دست آورد. مهم‌ترین دلیل آن هزینه بالای انتقال و محدودیت‌های مربوط به آن بود که تا دهه اخیر به خطوط لوله محدود می‌شد (Hafezi, Akhavan, and Pakseresht, et al. 2019). در سال‌های اخیر توسعه فناوری گاز مایع امکان گسترش بازار انرژی گاز طبیعی را فراهم آورده و گمانه‌زنی‌هایی پیرامون احتمال جهانی شدن قیمت گاز طبیعی صورت پذیرفته است (Hafezi 2018; Hafezi, Akhavan, Zamani, et al. 2019). در حال حاضر قیمت‌گذاری گاز طبیعی بر اساس منطقه است زیرا عمده صادرات گاز طبیعی در محدوده کشورهای تولیدکننده آن و از طریق خطوط لوله انجام می‌شود. با ظهور و

توسعه فناوری گاز طبیعی مایع^۱ پیش‌بینی می‌شود، سهم گاز طبیعی در آینده با سرعت بیشتری افزایش یابد.

آنچه به‌اختصار گفته شد، کلان‌ترین جریان گذار در صنعت انرژی دنیا طی حدود دو‌یست سال گذشته بوده است. زو کایننگ^۲ و همکارانش (Zou et al. 2016) در مقاله‌ای تحت عنوان "انقلاب انرژی: از عصر انرژی فسیلی تا عصر انرژی نوین" به کلیدی‌ترین گذارهای انرژی، از بعد منشأ تأمین انرژی، اشاره کرده و به‌صورت شماتیک تصویری از آینده تا ابتدای قرن ۲۲م را به تصویر کشیده‌اند (شکل ۱).



شکل ۱- روندهای مصرف انرژی (گذشته، حال و آینده) (Zou et al. 2016)

نقش انرژی در توسعه اقتصادی، به زبان ساده‌تر سهم بالای انرژی در تولید ناخالص داخلی کشورها، به حدی افزایش یافته است که تأمین پایدار انرژی یکی از دغدغه‌های سیاست‌گذاران انرژی کشورهاست، اما از سوی دیگر منشأ تعدادی از ابر چالش‌های جهانی نیز بوده است که مخاطرات زیست‌محیطی از آن جمله است (Pascual and Elkind 2010). بحران انرژی دهه ۱۹۷۰ میلادی با تحریم انرژی غرب از سوی اعراب در سال ۱۹۷۳، پس از جنگ اعراب و اسرائیل، نشان داد که جهان صنعتی تا چه حد به نوسانات عرضه و قیمت انرژی وابسته

1. LNG
2. Zou Caineng

است. در پاسخ به این بحران دو رویکرد مورد توجه سیاست‌گذاران صنایع انرژی قرار گرفت، نخست تصمیم‌سازی از طریق انجام مطالعات آینده‌پژوهانه که تلاش می‌کنند الگوی رفتاری پنهان در شرایط غیرقطعی را کشف و به سیاست‌گذاران تصاویر محتمل آینده را ارائه دهند (برای مطالعه بیشتر در خصوص مفاهیم آینده‌پژوهی می‌توانید به این مکتوبات مراجعه کنید: (Hafezi 2019)، (Hafezi, Malekifar, and Akhavan 2018)، (Georghiou 2008) و (Bell 2011). این بخش که نگاهی چندبعدی به تحولات انرژی جهان دارد به‌صورت منظم از سوی شرکت‌های چندملیتی سرمایه‌گذار و سازمان‌های بین‌المللی پیگیری می‌شود. دومین رویکرد، به دنبال تثبیت شرایط بازارهای انرژی بوده که منجر به تولید واژگان نوینی در ادبیات انرژی جهان شده است. امنیت انرژی^۱ به‌صورت ویژه پس از بحران‌های جهانی انرژی و تحت تأثیر قرار گرفتن توسعه اقتصادی دولت‌ها طرح و مورد توجه سیاست‌گذاران قرار گرفت. اگرچه امنیت انرژی مفهومی نوپدید در اتمسفر سیاست‌گذاری انرژی نیست، لیکن هنوز بندرت تعریف جامع و واحدی مورد قبول اندیشمندان این حوزه ارائه و استناد شده است (Sovacool 2010). در ادامه ابتدا به تعریف امنیت انرژی و بررسی ابعاد مختلف آن می‌پردازیم و سپس فصل مشترک امنیت انرژی و توسعه پایدار مورد بحث قرار می‌گیرد. در انتها مرور مختصری بر چالش‌های امروزی پیش‌روی تأمین و تضمین امنیت انرژی خواهیم پرداخت. معتقدیم ترویج علوم تخصصی به زبان ساده و نشر آن در جامعه، به ایجاد فهم مشترک و تسهیل حرکت در مسیر توسعه ملت‌ها کمک خواهد کرد. از این‌روست که در این شماره و بنا بر اقتضاء شرایط کشور به‌عنوان یک بازیگر مهم در عرصه بازارهای جهانی انرژی به موضوع امنیت انرژی پرداخته‌ایم.

امنیت انرژی به زبان ساده:

در ساده‌ترین شکل، امنیت انرژی به معنای تضمین تأمین انرژی حیاتی (موردنیاز) آینده و تثبیت سطح مناسب تأمین آن برای پاسخ‌گویی به نیازهای داخلی در شرایطی مقرون به‌صرفه و اقتصادی تعریف می‌شود (Hafezi, Alipour, and Baynaghi 2019). پس دغدغه اولیه پاسخ به نیاز داخلی کشورها و البته با هزینه‌ای اقتصادی بوده است. از منظر مدیریت منابع،

امنیت انرژی در تلاش است اطمینان حاصل کند که ذخایر انرژی کشور در سطح مطلوبی قرار دارند.

در کنار تمام منافع‌های انرژی، به صورت ویژه در دنیا پس‌اصنعتی شدن، فراهم آورده چالش‌های حیاتی نیز از فناوری‌های مرتبط با آن ناشی شده‌اند (Hafezi, Alipour, and Baynaghi 2019). نگرانی‌ها از نیمه‌های قرن بیستم شکل گرفت، یعنی زمانی که فعالان صنایع انرژی متوجه شدند باور «تأمین انرژی همواره تضمین شده است» اشتباه است (Shukla and Sharma 2016) و این الگوی ذهنی به شدت به چالش کشیده شد. در پاسخ به سیاست‌های سازمان کشورهای صادرکننده نفت، که بیشتر با نام اوپک شناخته می‌شود، در دهه ۱۹۷۰ میلادی که تصویر متفاوتی از آینده انرژی جهان ارائه می‌داد، تعدادی از واردکنندگان انرژی راهبرد تنوع منابع تأمین را مدنظر قرار دادند. به موازات محدودیت‌های سیاسی-اقتصادی، چالش‌های زیست‌محیطی نظیر آلودگی هوا که با مسئله تغییر اقلیم نیز گره خورده است، سیاست‌های مصرف و تأمین انرژی را تحت تأثیر خود قرار داده است. برای روشن‌تر شدن بحث اثرات زیست‌محیطی اضافه می‌کنیم که تغییر اقلیم و پدیده گرمایش زمین دیگر تنها یک مسئله محدود به محیط‌زیست نیست و از این بابت که انگیزه مهاجرت‌ها و تغییر استاندارد زندگی را تحت تأثیر قرار داده، یک پدیده اقتصادی نیز برشمرده می‌شود. واکاوی اثرات و پیامدهای این دست چالش‌ها هزینه سیاست‌گذاری را به شدت کاهش داده و تعهد اجرا را افزایش می‌دهد. به زبانی دیگر ریسک سیاست‌گذاری را کنترل می‌کند.

همان‌طور که اشاره شد تعریف واحدی برای امنیت انرژی وجود ندارد اما با گذشت زمان بین تعاریف فصل مشترک‌هایی قابل‌مشاهده است. در نسخه اولیه، امنیت انرژی بیشتر به سیاست‌های انرژی و حصول اطمینان از وجود منابع کافی نفت و سایر سوخت‌های فسیلی برمی‌گشت. اما با توسعه بازارهای انرژی و ظهور فناوری‌های نوین تولید انرژی منطق نسخه اولیه امنیت انرژی دیگر معتبر نبوده است. لذا امنیت انرژی وارد دوران نوین خود شد و اکنون بر وجوه متفاوت و البته جامع‌تری دلالت دارد. امنیت انرژی باید سناریوهای آینده انرژی را تضمین کرده و امکان نیل به سطوح بالاتری از امنیت انرژی را فراهم آورد. بررسی ادبیات موضوع نشان می‌دهد بیش از ۴۰ تعریف مختلف از امنیت انرژی ارائه شده است. به‌عنوان نمونه، سازمان ملل متحد یکی از ساده‌ترین تعاریف را ارائه داده، بدین صورت که امنیت انرژی را "مقابله با کمبود منابع سوخت مقرون به صرفه" تعریف می‌کند (UNESCAP 2008).

شیرستا^۱ و کومار^۲ تعریفی برای امنیت انرژی در کشورهای درحال توسعه ارائه داده‌اند، چون معتقدند کشورهای درحال توسعه هم‌زمان با توسعه اقتصادی برنامه‌ریزی شده می‌بایست شرایط دسترسی به انرژی پاک و اقتصادی را فراهم آورند (Shrestha and Kumar 2008) (همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، توسعه اقتصادی به‌صورت ویژه‌ای به مصرف انرژی وابسته است). ایشان امنیت انرژی را این‌گونه تعریف می‌کنند: امنیت انرژی یعنی حصول اطمینان از دسترسی به منابع متنوع^۳، با مقداری پایدار، با قیمتی مقرون‌به‌صرفه و رقابتی انرژی که از توسعه اقتصادی پشتیبانی می‌کند و درحالی‌که به محیط‌زیست آسیب نمی‌رساند به فقرزدایی نیز کمک می‌نماید" (Shrestha and Kumar 2008). از سوی دیگر وزارت دفاع امریکا، امنیت انرژی را به‌عنوان "ظرفیت خنثی‌سازی (پدافند) اثرات مخرب اختلالات حوزه انرژی با منشأ طبیعی، خطای انسانی (تصادفات غیر عمد) و حتی رخدادهای بین‌المللی در محدوده سیستم‌های تأمین، به‌کارگیری و توزیع" تعریف می‌کند (Kleber 2009). با استناد به این تعاریف و سایر تعاریفی که در ادبیات موضوع می‌توان یافت (به‌عنوان نمونه تعاریف ارائه‌شده توسط: بانک جهانی 2009 ("Personal interview with author")، مجمع جهانی اقتصاد (WEF 2009)، آژانس بین‌المللی انرژی اتمی (Keppler 2007) و وزارت انرژی ایالات متحده (U.S. Government 2010)) مفهوم امنیت انرژی تا حد زیادی به بستر و بافتار خاستگاه آن وابسته است. لذا پرسش کلیدی این است که از منظر جمهوری اسلامی ایران، به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین دارندگان منابع اثبات‌شده سوخت فسیلی امنیت انرژی چه وجوهی را شامل می‌شود؟ اگرچه وضعیت ایران در ارزیابی‌های بین‌المللی از وضعیت شاخص امنیت انرژی نسبتاً مطلوب ارزیابی می‌شود اما نیاز است سیاست‌گذاران صنایع انرژی کشور شاخص‌های ارزیابی امنیت انرژی را بر مبنای اهداف توسعه کشور تدوین و پایش کنند. بدون در نظر گرفتن بافتار، سوواکول^۴ به پنج محور اصلی و مشترک امنیت انرژی اشاره می‌کند که به شرح زیر خلاصه شدند (Sovacool 2010):

1. Shrestha
2. Kumar

۳. بسیاری از منابع تأمین متنوع انرژی را یکی از ارکان امنیت انرژی معرفی کرده‌اند که به دنبال عدم وابستگی به منابع محدود و لذا کاهش ریسک تأثیر تحولات ناگهانی بازار انرژی است. حافظی و اخوان مدلی مفهومی برای مدیریت ریسک در شرایط غیرقطعی پیشنهاد داده‌اند (Hafezi and Akhavan 2019).

4. Sovacool

۱- امکان‌پذیری فنی؛

۲- صرفه اقتصادی؛

۳- حفاظت از محیط‌زیست؛

۴- قابلیت اطمینان انرژی؛

۵- امنیت تأمین انرژی.

اگرچه مفهوم امنیت انرژی مورد توافق بین‌المللی واقع نشده است اما همه دولت‌ها ارتقاء سطح امنیت انرژی را هدف راهبردی خود قرار داده‌اند. در شرایط حاضر، باوجود تحریم‌های بین‌المللی و محدودیت صادرات نفت جمهوری اسلامی ایران، بازتعریف امنیت انرژی به ارائه چارچوبی برای سیاست‌گذاری کلان کمک خواهد کرد. از این منظر گره‌خوردگی مفهوم امنیت انرژی و توسعه پایدار بیشتر نمایان می‌شود. نقش امنیت انرژی در توسعه پایدار ملت‌ها در بخش بعدی به بحث گذاشته می‌شود.

امنیت انرژی و توسعه پایدار

در مفهوم کلان، توسعه پایدار بسیار قابل‌فهم و ساده است و در راستای هدف نیل به آینده‌ای بهتر و سالم‌تر در مقایسه با حال و گذشته اقدام می‌کند (Blewitt 2012). توسعه پایدار به معنای تداوم توسعه در آینده با در نظر گرفتن تمام محدودیت‌ها و چالش‌های محیطی معنا می‌شود. حفظ شتاب توسعه بدون آسیب به محیط بسیار دشوار است. توجه کنیم که مقصود از محیط تنها به محیط‌زیست خلاصه نمی‌شود، از این‌روست که از واژه محیط استفاده کرده‌ایم. چالش‌های دنیای مدرن جنبه‌های جدیدی به این تعریف ساده از توسعه پایدار افزوده است که بشر را ناگزیر از مطالعه چندوجهی پدیده‌ها کرده است. اهداف کلان توسعه نیز چند بُعدیست و این امر باعث شده توجه سیاست‌گذاران به تعریف هدف‌های عملیاتی متوازن‌تر (نسبت به گذشته) جلب شده و تعریفی جامع‌تر از شکست و پیروزی در سیاست‌ها ارائه شوند (Sen 2013). به‌عنوان مثال، از منظر زیست‌محیطی که به گفتمانی کلیدی در توسعه پایدار بین‌المللی تبدیل شده است، اگر برای تأمین انرژی کافی و ارتقاء سطح امنیت انرژی نیاز باشد کاربری زمین‌ها تغییر کند می‌بایست به مخاطرات تنوع زیستی نیز

توجه کرد. در کنار هم دیدن پیامدها به معنی ورود از زوایای مختلف به یک مسئله است. شناسایی پیامدها، آمادگی برای مقابله با تهدیدها و نهایتاً کنترل جریان توسعه به تداوم توسعه ملل کمک خواهد کرد. از زاویه عدالت اجتماعی، توسعه منابع انرژی تجدید پذیر اگرچه به کاهش آلودگی و ارتقاء کیفیت زندگی شهروندان کمک شایانی خواهد کرد (Lotfinejad et al. 2018) اما بار این تغییر بر دوش اقلیت ضعیف تر سنگینی خواهد کرد. نکته مهم که کمتر مورد توجه سیاست گذاران و حتی پژوهشگران ایرانی قرار گرفته است، برقراری تعادل میان امنیت انرژی به عنوان یک کیفیت در تصمیم گیری از یک سو، و از سوی دیگر ارتقاء توسعه پایدار و جامع است.

با استناد به گزارش آژانس بین المللی انرژی، در سال ۲۰۱۹، تعداد قابل توجهی از افراد که بیشتر ساکن آسیا و جنوب صحرای افریقا هستند، دسترسی مناسبی به برق نداشته یا متکی به استفاده از منابع سنتی زیست توده برای پخت و پز هستند (IEA 2019). به عنوان یکی از تلاش های بین المللی برای ارتقاء کیفیت زندگی، سازمان ملل متحد برنامه "انرژی پایدار برای همه" را در سال ۲۰۱۲ با محوریت سه هدف کلی زیر طرح ریزی کرد:

۱- فراهم آوردن دسترسی همگانی به الکتریسیته و فناوری های نوین سرمایه و گرمایش؛

۲- دو برابر نمودن سهم انرژی های تجدید پذیر در تولید الکتریسیته از ۱۵٪ به ۳۰٪؛

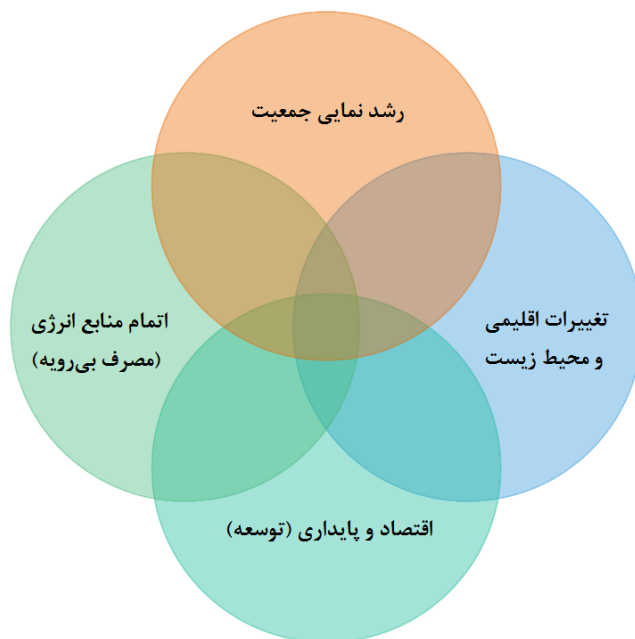
۳- دو برابر نمودن بهره وری انرژی^۱ از ۱٫۲٪ در سال به ۲٫۴٪ در سال.

همان طور که پیش تر نیز اشاره شد، امروزه توسعه پایدار تنها بر مسائل زیست محیطی متمرکز نبوده و ابعاد متنوع تری از اقتصاد، سیاست، فناوری و حتی جامعه شناسی را شامل می شود (Hafezi, Bahrami, and Akhavan 2017). جهان قرن بیست و یکم به سرعت در حال دگرگونی است اما به نظر نمی رسد این مسیر به بهتر شدن بیانجامد (Hafezi, Alipour, and Baynaghi 2019). توسعه پایدار یک اقدام نیست بلکه در دل یک فرایند نتیجه می شود. توسعه پایدار (و غیر پایدار) محصول انتزاعی جهان بینی ها، هنجارها و ارزش های متنوعی است که جوامع را می سازد. در نتیجه، مدیریت موفق گذار به آینده ای پایدارتر ذیل نگاهی

۱. نشان دهنده میزان تولید کالا و خدمات به واحد مصرف انرژی است و در سطح کلان از تقسیم تولید ناخالص داخلی بر مقدار مصرف انرژی محاسبه می شود.

کل‌نگری و رویکردی سیستمی به دست خواهد آمد که نتیجه تعامل اجزاء با طبیعت متفاوت است.

امنیت انرژی به چالشی بنیادین در توسعه پایدار ملت‌ها بدل شده زیرا (۱) بازیگران این بازار از قوانین ثابت و از قبل مشخصی پیرو نمی‌کنند و دلیل آن این است که فشارهای تجاری حاکم بر آنها در بسیاری از موارد مشابه نیست، (۲) طرف تقاضا تا حد زیادی به واردات منابع انرژی غیرپایدار وابسته است، و (۳) برخی بازیگران از شرایط بازار جهانی انرژی به‌عنوان اهرم سیاسی بهره‌برداری می‌کنند. شکل ۲ به‌صورت شماتیک رفتار درهم‌تنیده ابعاد کلان مدیریت انرژی را به تصویر می‌کشد. همان‌طور که نشان داده شد، پیچیدگی مدیریت انرژی از ابعاد مختلفی قابل‌تحلیل است.



شکل ۲- ماهیت به‌هم‌پیوسته مسائل مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی (Mackres 2011)

چند دهه اخیر جهان شاهد نزول سطح کیفیت شاخص‌های زیست‌محیطی و به خطر افتادن تنوع زیستی بوده است (Dessler and Parson 2019; Evans Glibert et al. 2018). لذا جهان نیازمند گذار چه در اذهان و چه در اقدامات است. یعنی علاوه بر سیاست‌گذاری برای اقدام در مسیر نیل به آینده‌ای پایدارتر نیاز است از

طریق آموزش و اطلاع‌رسانی به همدلی در این مسیر دست یابد. همان‌طور که مارکارد و همکارانش اشاره کردند، چنین گذاری فرایندی بنیادین، میان‌رشته‌ای و بلندمدت است که برای رسیدن به موفقیت نیازمند گام‌های اصلاحی تدریجی برای ایجاد تغییرات مطلوب است (Markard, Raven, and Truffer 2012). مدیریت انرژی به دنبال توسعه پایدار و ارتقاء سطح امنیت انرژی است اما در این راه با چالش‌های مهمی روبروست که در بخش بعد مروری بر اهم آنها ارائه می‌شود.

چالش‌های امنیت انرژی

اگر امنیت انرژی را به عناصر اصلی سازنده‌اش تجزیه کنیم چالش‌های کلیدی آن قابل‌ردیابی و شناسایی خواهند بود. اگرچه امنیت انرژی به‌عنوان یک چالش جهانی شناخته می‌شود اما مناطق مختلف جهان و حتی دولت‌ها در برخی موارد با چالش‌های مختص به خود روبرو هستند که می‌تواند منشأ جغرافیایی، سیاسی و ... داشته باشند. مهم‌ترین چالش‌های امنیت انرژی جهان را می‌توان در سه محور طبقه‌بندی کرد که در ادامه به آنها اشاره خواهیم کرد.

۱- جنگ و منازعات سیاسی

تولید ناخالص ملی کشورهای توسعه‌یافته همبستگی بالایی با مصرف انرژی دارد. اگرچه آمارها از کاهش این همبستگی خبر می‌دهند اما در میان‌مدت هنوز رابطه بین این دو مؤلفه قوی خواهد بود. به‌علاوه، سیاست افزایش بهره‌وری، جهت تعدیل میزان همبستگی، راهبردی بلندمدت است و انتظار نمی‌رود در زمانی کوتاه تأثیر شگرفی بر معادلات اقتصاد انرژی بگذارد. جهان توسعه‌یافته برای حفظ پایداری به منابع قابل‌توجه نفت، گاز طبیعی، زغال‌سنگ و اورانیوم نیاز دارد که غالباً از طریق واردات تأمین می‌شوند. در نتیجه منازعات سیاسی در خاورمیانه، به‌عنوان اصلی‌ترین تأمین‌کننده سوخت فسیلی، یک چالش بین‌المللی محسوب می‌شود که می‌تواند تأمین انرژی را به چالش کشیده و منجر به نوسانات قیمت انرژی گردد.

۲- محدودیت‌های تجاری و تأمین مالی

صنایع انرژی به سرمایه‌گذاری اولیه بسیار حساس‌اند، بدین معنی که برای توسعه آن نیاز به سرمایه‌گذاری قابل‌توجه است که معمولاً زمان بازگشت سرمایه آن نسبتاً طولانی است. همان‌طور که سواکول اشاره کرده است، سیاست‌های جدید یارانه انرژی ریسک سرمایه‌گذاری در سوخت‌های فسیلی را بسیار بالا برده است (Sovacool 2010). از منظر سوخت‌های جایگزین، عدم قطعیت در خصوص آینده قیمت انرژی، به‌طور ویژه نفت و سایر سوخت‌های

فسیلی، سرمایه‌گذاری بر نوآوری فناوری جهت توسعه منابع جایگزین را تهدید می‌کند. حتی در برخی مناطق جغرافیایی تنش‌های سیاسی به محدودیت فعالیت نهادهای بیمه منجر شده است که به نحوی باعث افزایش ریسک سرمایه‌گذاری شده است.

۳- تغییرات اقلیمی و نگرانی‌های فرامرزی

نرخ کنونی تغییرات اقلیمی که نشانه‌های خود را در افزایش دمای کره زمین، افزایش سطح آب‌های آزاد، از میان رفتن گونه‌های جانوری، تغییر الگوی آب و هوایی و مسائلی از این دست نشان می‌دهد، به یک چالش فرامرزی تبدیل شده است که تحلیل‌ها نشان می‌دهند سهم سوخت‌های سنتی در مواجه شدن با چنین آینده‌ای قابل ملاحظه بوده است. علاوه بر آلودگی ناشی از سوزاندن سوخت‌های سنتی، رخدادهای فاجعه‌باری نظیر نشت نفت به آب‌های آزاد، انفجار خطوط لوله گاز طبیعی، فروریختن معادن زغال‌سنگ، بحران‌های هسته‌ای (نظیر فوکوشیما، چرنوبیل و ...)، آلودگی ذخایر آب شیرین و ... ریسک مرتبط با انرژی را تا حد یک چالش فرامرزی افزایش داده است. اگرچه دولت‌ها مواضع یکسانی نسبت به همه انواع این ریسک‌ها ندارند اما دغدغه‌های زیست‌محیطی هسته مشترک سیاست‌گذاری دولت‌ها را تشکیل می‌دهد. رسیدن به توافقات بین‌المللی مشابه آنچه در کیوتو (در سال ۱۹۹۷) و پاریس (در سال ۲۰۱۶) اتفاق افتاد به نظر دشوار نیست اما نکته اصلی اینجاست که رساندن توافقات به عمل چندان موفقیت‌آمیز نبوده است. به‌عنوان نمونه، کشورهای صنعتی متعهد شدند تا در بازه سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ میزان انتشار آلاینده‌های خود را تا حدود ۵٫۲٪ کمتر از میزان آن در سال ۱۹۹۰ برسانند. علاوه بر اینکه، کشورهای متعهد در اجرای این برنامه ناموفق بوده‌اند، همچنین انتشار در بازه برنامه‌ریزی افزایش یافت (Hepburn 2007). علت متعهد نماندن دولت‌ها بحران مالی آن سال‌ها و عدم توازن در پایداری توسعه بوده است. خروج دولت ایالات متحده با حضور دونالد ترامپ بر رأس قوه مجریه شرایط را نسبت به گذشته پیچیده‌تر نیز ساخته است. به نظر می‌رسد جهان نیازمند مکانیزمی جامع‌تر برای تضمین وجوه اجرایی توافقات زیست‌محیطی است.

از بعد دیگر هزینه‌های تحمیل شده بر دولت‌ها جهت همگام شدن با برنامه‌های جهانی حمایت از محیط‌زیست شکاف جهان توسعه‌یافته و درحالی‌که توسعه را افزایش خواهد داد که منجر به رشد فقر و انحراف از توسعه پایدار خواهد شد. برخی محققان نشان داده‌اند که پیچیدگی

این مسئله بیش از این‌ها بوده و فقر انرژی^۱ تأثیر شگرفی بر عدالت اجتماعی و حتی تخریب محیط‌زیست دارد. بنا بر آمار بانک جهانی هنوز نزدیک به ۸۴۰ میلیون نفر (بیش از جمعیت قاره اروپا) به الکتریسیته دسترسی ندارند و قریب ۳ میلیارد نفر (حدود یک‌سوم جمعیت کره زمین) از سوخت‌های آلاینده برای پخت‌وپز استفاده می‌کنند که چشم‌انداز توسعه پایدار را تضعیف می‌کند.

شاخص‌های امنیت انرژی

شناختن شاخص‌های امنیت انرژی به مدیریت آن و همگام نمودن با توسعه پایدار کشور کمک خواهد کرد. یکی از جامع‌ترین رویکردها به شناسایی شاخص‌های امنیت انرژی توسط جاناتان ال‌کیند^۲ پیشنهاد شد، که در چهار منظر خلاصه‌شده‌اند (Elkind 2010) (همچنین می‌توانید رجوع کنید به: (Alipour et al. 2018)):

۱- در دسترس بودن^۳؛

۲- قابلیت اطمینان^۴؛

۳- مقرون‌به‌صرفه بودن^۵؛

۴- پایدار بودن^۶.

در دسترس بودن بر تأمین انرژی موردنیاز و تقاضا شده دلالت دارد. این امر نیازمند شبکه توزیع مناسب و بازار قابل اطمینان به‌عنوان بستر تجارت انرژی است. چنین شبکه‌ای دارای جریان مالی مناسب، زیرساخت فیزیکی لازم، جریان اطلاعات شفاف و سامانه ارزیابی و قانون‌گذاری است (Hafezi, Alipour, and Baynaghi 2019). قابلیت اطمینان به محافظت از منابع انرژی در مقابل اختلالات برمی‌گردد. برای اینکه درک بهتری از قابلیت اطمینان پیدا کنیم چند زیر شاخص را بررسی می‌نماییم (Sovacool 2010):

۱- تنوع منابع تأمین انرژی (سوخت و فناوری مرتبط با آن)؛

۱ به زبان ساده فقر انرژی به محدود بودن دسترسی به منابع مدرن انرژی اطلاق می‌شود.

2. Jonathan Elkind

3. Availability

4. Reliability

5. Affordability

6. Sustainability

۲- تنوع در زنجیره تأمین؛

۳- تاب‌آوری^۱، که به معنی بازیابی سامانه پس از شکست و بحران است؛

۴- کاهش تقاضای انرژی برای حفاظت از زیرساخت‌های تأمین و توزیع؛

۵- وجود پشتیبان برای استفاده در زمان بحران؛

۶- وجود/ شفافیت اطلاعات در مورد شبکه توزیع.

مقرون‌به‌صرفه بودن در ساده‌ترین شکل خود به قیمت پایین برمی‌گردد. از جنبه پایداری، مقرون‌به‌صرفه بودن به ارائه قیمتی عادلانه و متناسب با درآمد اقشار جامعه برای مقابله با فقر انرژی و همچنین وجود قیمت پایدار و شفاف انرژی که امکان برنامه‌ریزی بلندمدت را فراهم می‌آورد، اشاره دارد. و درنهایت، پایداری از منظر امنیت انرژی به تلاش برای کاهش خسارات اجتماعی، زیست‌محیطی، اقتصادی، فناورانه و سیاسی برمی‌گردد. هرچند امروزه پایداری بیشتر بر کاهش سهم انرژی در آلودگی محیط‌زیست دلالت دارد. دیگر امنیت انرژی مفهومی صرفاً مترادف کنترل تأمین انرژی نیست و در دنیای مدرن مفهومی پیچیده‌تر به خود گرفته که جنبه‌های حقوق بشری، فقرزدایی، زیست‌محیطی، معنادار بودن از لحاظ اقتصادی و فراوانی انرژی را نیز شامل می‌شود.

نتیجه‌گیری

تلاش برای ارزیابی امنیت انرژی محصولی به نام سنجش میزان عدم امنیت انرژی منجر می‌شود که میزان اهمیت و اثرگذاری این موضوع بر آینده صنایع انرژی را به تصویر می‌کشد. اهمیت موضوع برای سیاست‌گذاران به حدی بوده است که در دهه اخیر مفهوم نوینی تحت عنوان «عدم امنیت انرژی» توسط تعدادی از پژوهشگران پیشنهاد و طرح شده است و هدف اصلی آن پرده برداشتن از وجوه مختلف و پنهان امنیت انرژی است. این شاخه نوظهور بیشتر به دنبال شناسایی و مطالعه عوامل غیرقطعی و شگفتی‌ساز برهم زننده امنیت انرژی است. این عوامل که به‌صورت متعارف کمتر موردتوجه سیاست‌گذاران قرار می‌گیرند، سرنوشت سیاست‌های کلان انرژی کشورها را معین خواهند کرد. به نظر می‌رسد این چرخش در

۱. زنجیره تأمین تمام فعالیت‌های مرتبط با جریان و تبدیل کالاها از مرحله ماده خام (استخراج) تا تحویل به مصرف‌کننده نهایی و نیز جریان‌های اطلاعاتی مرتبط با آنها را شامل می‌شود.

پارادایم فکری سیاست‌گذاری علم و فناوری انرژی منشأ تصمیمات آتی صنایع انرژی جهان باشد.

مجدداً متذکر می‌شویم که اگرچه مفهوم امنیت انرژی دغدغه‌ای جهانی و فرامرزی است اما کشورهای مختلف به واسطه شرایط متفاوتی که نسبت به یکدیگر دارند می‌بایست بازتعریفی دقیق‌تر شده برای خود طراحی کنند. این امر برای کشورهای صادرکننده که دارندگان نوعی از منابع انرژی هستند، نظیر جمهوری اسلامی ایران، حیاتی‌تر است؛ زیرا غالب سیاست‌های امنیت انرژی برای عمده کشورهای طرف تقاضا که کشورهای صنعتی نیز بخشی از آنها هستند، طراحی شده‌اند. به صورت مشابه شاخص‌های ارزیابی امنیت انرژی نیز به‌طور گسترده برای این دست کشورها قابل استناد نیستند. در این مقاله تلاش شد علاوه بر معرفی شاخه نوینی از سیاست‌گذاری علم و فناوری انرژی که پیش‌بینی می‌شود، اهمیت آن در آینده نزدیک بیش‌ازپیش گردد، تلاقی و ارتباط آن با توسعه پایدار کشورها مورد مطالعه و بحث قرار گیرد.

منابع

Alipour, M, R Hafezi, Muhammad Amer, and AN Akhavan. 2017. 'A new hybrid fuzzy cognitive map-based scenario planning approach for Iran's oil production pathways in the post-sanction period', *Energy*, 135: 851-64.

Alipour, Mohammad, Reza Hafezi, Bilal Ervural, Mohamad Amin Kaviani, and Özgür Kabak. 2018. 'Long-term policy evaluation: Application of a new robust decision framework for Iran's energy exports security', *Energy*, 157: 914-31.

Bell, Wendell. 2011. *Foundations of futures studies: Human science for a new era: Values, objectivity, and the good society* (Transaction Publishers).

Blewitt, John. 2012. *Understanding sustainable development* (Routledge.)

Dessler, Andrew E, and Edward A Parson. 2019. *The science and politics of global climate change: A guide to the debate* (Cambridge University Press.)

Elkind, Jonathan. 2010. 'Energy security: Call for a broader agenda', *Energy security: economics, politics, strategies, and implications*: 119-48.

Evans, Gary W. 2019. 'Projected behavioral impacts of global climate change', *Annual review of psychology*, 70: 449-74.

Georghiou, Luke. 2008. *The handbook of technology foresight: concepts and practice* (Edward Elgar Publishing).

Glibert, Patricia M, Arthur HW Beusen, John A Harrison, Hans H Dürr, Alexander F Bouwman ,and Goulven G Laruelle. 2018. 'Changing land-, sea-, and airscapes: sources of nutrient pollution affecting habitat suitability for harmful algae.' in, *Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms* (Springer).

Hafezi, Reza. 2018. 'Designing a conceptual scenario model to project Iran's natural gas export futures', Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic).

.———2019. 'How Artificial Intelligence Can Improve Understanding in Challenging Chaotic Environments.'

Hafezi, Reza, and Amir Naser Akhavan. 2019. 'A Novel Conceptual Risk Management Model Based on The Future's Uncertainties.'

Hafezi, Reza, Amir Naser Akhavan, Mazdak Zamani, Saeed Pakseresht, and Shahab Shamshirband. 2019. 'Developing a Data Mining Based Model to Extract Predictor Factors in Energy Systems: Application of Global Natural Gas Demand.'

Hafezi, Reza, AmirNaser Akhavan, and Saeed Pakseresht. 'The State of Competition in Natural gas Market Application of Porter's Five Forces for NIGC.'

.———2017. 'Projecting plausible futures for Iranian oil and gas industries: Analyzing of historical strategies', *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 39: 15-27.

Hafezi, Reza, AmirNaser Akhavan, Saeed Pakseresht, and David A Wood. 2019. 'A Layered Uncertainties Scenario Synthesizing (LUSS) model applied to evaluate multiple potential long-run outcomes for Iran's natural gas exports', *Energy*, 169: 646-59.

Hafezi, Reza, Mohammad Alipour, and Ali Baynaghi. 2019. 'Energy Security & Sustainable Development.' in Walter Leal Filho) ed.), *Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals* (Springer, submitted for publication).

Hafezi, Reza, Mohsen Bahrami, and Amir Naser Akhavan. 2017. 'Sustainability in development: rethinking about old paradigms', *World*

Review of Science, Technology and Sustainable Development, 13: 192-204.

Hafezi, Reza, Siavosh Malekifar, and Amirnaser Akhavan. 2018. 'Analyzing Iran's science and technology foresight programs: recommendations for further practices', *foresight*, 20: 312-31.

Hepburn, Cameron. 2007. 'Carbon trading: a review of the Kyoto mechanisms', *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 32: 375-93.

IEA. 2019. "World Energy Outlook." In. Paris, France: International Energy Agency.

Jorgenson, Andrew K, Shirley Fiske, Klaus Hubacek, Jia Li, Tom McGovern, Torben Rick, Juliet B Schor, William Solecki, Richard York, and Ariela Zycherman. 2019. 'Social science perspectives on drivers of and responses to global climate change', *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 10: e554.

Keppler, Jan Horst. 2007. 'Energy supply security and nuclear energy: concepts, indicators, policies', *Background Study in the Context of the Nuclear Development Committee's Security of Supply Project. OECD, Paris*.

Kleber, Drexel. 2009. 'The US Department of Defense: valuing energy security', *Journal of Energy Security*, 18.

Lotfinejad, Mohammad, Reza Hafezi, Majid Khanali, Seyed Hosseini, Mehdi Mehrpooya, and Shahaboddin Shamshirband. 2018. 'A comparative assessment of predicting daily solar radiation using bat neural network (BNN), (generalized regression neural network (GRNN), and neuro-fuzzy (NF) system: A case study', *Energies*, 11: 1188.

Mackres, E. 2011. 'Addressing the Energy-Water Nexus: A Blueprint for Action and Policy Agenda', *Proceedings of the Water Environment Federation*, 2011:1242-44.

Markard, Jochen, Rob Raven, and Bernhard Truffer. 2012. 'Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects', *Research policy*, 41: 955-67.

Pascual, Carlos, and Jonathan Elkind. 2010. *Energy security: economics, politics, strategies, and implications* (Brookings Institution Press).

"Personal interview with author." In. 2009. edited by World Bank Group. Washington, DC.

Sen, Amartya. 2013. *A survey of sustainable development: social and economic dimensions* (Island Press).

Shrestha, Ram M., and S. Kumar. 2008. "Energy Security for Developing Countries." In *GNESD Expert Meeting and Assembly*. Poznan, Poland.

Shukla, Amritanshu, and Atul Sharma. 2016. *Energy Security and Sustainability* (CRC Press).

Sovacool, Benjamin K. 2010. *The Routledge handbook of energy security* (Routledge).

U.S.Government. 2010. 'About the Department of Energy', United States Department of Energy, Accessed May 4, 2010. <http://www.energy.gov/about/index.htm>.

UNESCAP. 2008. "Energy security and sustainable development in Asia and the Pacific." In. Bangkok, Thailand.

WEF. 2009. "Global Risks 2009: A Global Risk Network Report." In. Davos, Switzerland: World Economic Forum.

Zou, Caineng, Qun Zhao, Guosheng Zhang, and Bo Xiong. 2016. 'Energy revolution: From a fossil energy era to a new energy era', *Natural Gas Industry B*, 3: 1-11.